

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

**Кафедра химической технологии твердого топлива**

**Составители**  
**Е. С. Ушакова,**  
**А. Г. Ушаков**

## **МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА**

### **Методические материалы**

**Рекомендованы учебно-методической комиссией**  
**направления подготовки 18.03.01 Химическая технология**  
**в качестве электронного издания**  
**для использования в образовательном процессе**

**Кемерово 2019**

Рецензент

Папин А. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии твердого топлива.

**Ушакова Елена Сергеевна**

**Ушаков Андрей Геннадьевич**

**Методы инженерного творчества:** методические материалы [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль 03 Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, всех форм обучения / сост.: Е. С. Ушакова, А. Г. Ушаков; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Приведено содержание практических занятий и самостоятельных работ, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь студентам в получении знаний по дисциплине «Методы инженерного творчества» и организация практических занятий и самостоятельных работ.

© КузГТУ, 2019,  
© Е. С. Ушакова,  
А. Г. Ушаков,  
составление, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Методические указания к практическим работам.....	4
Практическая работа 1. Основные факторы в техноло- гии получения сорбента.....	4
Практическая работа 2. Подготовка сырья.....	8
Практическая работа 3. Гранулирование.....	18
Практическая работа 4. Сушка гранул.....	26
Практическая работа 5. Термохимическая переработка гранул с получением нефтесорбента.....	30
Практическая работа 6. Оценка эффективности приме- няемой технологии. Поиск решения технических задач	36
Техника безопасности при выполнении работ.....	42
2. Самостоятельная работа.....	42
Список рекомендуемой литературы.....	42
Приложения.....	44

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Методы инженерного творчества».

На занятии студенты должны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетради для практических и самостоятельных работ.

Отчеты по лабораторным работам аккуратно оформляются в письменном виде.

При подготовке к защите практических работ необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

## Практическая работа 1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТА

Цель задания: определение основных параметров процессов, применяемых в технологии получения сорбентов на основе каменных углей и продуктов их переработки.

### 1. Теоретические положения

К основным этапам получения углеродных сорбентов на основе твердых топлив (наполнитель) относятся: подготовка сырья (сушка, измельчение, обогащение и т. п.), гранулирование (формование, окатывание, прессование, в том числе со связующими веществами и т. п.), пирогазетическая переработка (низко-, средне- и высокотемпературный пиролиз, газификация и др.), охлаждение.

Для проведения работ принята схема производства сорбента, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Схема получения углеродного сорбента на основе каменных углей и продуктов их переработки

## 2. Подбор параметров технологии получения сорбента

Основные параметры, влияющие на технологию получения сорбента на каждой из стадий, и их примерные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные для проектирования технологии получения сорбента

№	Параметр процесса	Данные для задания
<b>Подготовка сырья</b>		
1.	Вид наполнителя	а) угольный шлам б) угольная мелочь в) угольная пыль г) коксовая пыль
2.	Исходный фракционный состав наполнителя	а) 0–3 мм б) 3–5 мм в) 5–10 мм
3.	Дробление	а) да б) нет
4.	Метод дробления	а) барабанная дробилка б) шаровая мельница
5.	Фракционный состав готового наполнителя	а) 0–3 мм б) 3–5 мм
<b>Гранулирование</b>		
6.	Метод гранулирования	а) окатывание б) прессование
7.	Наличие связующего	а) да б) нет
8.	Вид связующего	а) избыточный активный ил очистных сооружений б) микробиологически обработанный избыточный активный ил очистных сооружений
9.	Количество связующего	а) 20 % мас. б) 40 % мас. в) 60 % мас.
10.	Время гранулирования*	а) 20 мин б) 40 мин в) 60 мин

№	Параметр процесса	Данные для задания
11.	Внесение «опудривающих» материалов*	а) да б) нет
12.	Размер гранул	а) 2–5 мм б) 5–10 мм в) 10–15 мм
<b>Сушка гранул</b>		
13.	Сушка	а) да б) нет
14.	Метод сушки	а) ИК-сушилки б) сушильные шкафы с конвекцией в) на воздухе
15.	Время сушки	а) 6 часов б) 12 часов в) 24 часа
<b>Пирогенетическая переработка</b>		
16.	Метод переработки	а) низкотемпературный пиролиз (500–600 °С) б) среднетемпературный пиролиз (700–800 °С) в) высокотемпературный пиролиз (900–1100 °С)
17.	Время переработки	а) 30 мин б) 60 мин в) 90 мин
<b>Охлаждение</b>		
18.	Метод охлаждения	а) мокрое тушение б) в среде инертных газов в) на воздухе
19.	Время охлаждения	а) 10 мин б) 20 мин в) 30 мин
20.	Расход охлаждающего агента	а) 0,5 л агента на 1 кг сорбента б) 1 л агента на 1 кг сорбента в) 2 л агента на 1 кг сорбента

\*в случае окатывания

Студенты на основе своих теоретических и практических знаний подбирают наиболее оптимальные, с их точки зрения, параметры проведения процессов технологии получения сорбентов.

### **3. Оформление отчета**

Результаты работы необходимо представить в виде технологической схемы получения сорбента на основе каменного угля, продуктов его переработки и избыточного активного ила. Формат листа А2 или А3.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Продукты переработки твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения.
2. Основные процессы, применяемые для получения сорбентов.
3. Какие параметры влияют на процесс гранулирования сырья?
4. Какие параметры влияют на процесс пирогенетической переработки сырья?
5. Какие параметры влияют на процесс сушки материалов?
6. Какие параметры влияют на процесс охлаждения материалов?



## Практическая работа 2. **ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ**

Цель задания: изучение методов подготовки сырья и определение влияния условий подготовки на общую технологию получения углеродных сорбентов.

### **1. Теоретические положения**

Подготовка сырья – процесс, посредством которого исходное сырье превращается в продукт стабильного размера и качества, необходимый для дальнейшей переработки.

Использование раздробленных или размолотых материалов способствует ускорению процессов обжига, растворения, химического воздействия и т. п., в связи с тем, что поверхность обрабатываемого материала значительно увеличивается. Интенсивность большинства технологических процессов напрямую зависит от размера поверхности обрабатываемых твердых материалов.

Процесс, при котором куски твердых материалов уменьшаются в размере, принято называть дроблением (измельчением). Под дроблением чаще всего понимают уменьшение размера именно крупных кусков. Процесс, при котором измельчаются мелкие куски, принято называть размолом.

При дроблении или размолу кусков твердых материалов затрачивается много механической энергии, поэтому следует максимально правильно выбрать способ измельчения.

Дробление и размол осуществляется машинами самых разных конфигураций и габаритов. Измельчение материалов может осуществляться в одну или несколько стадий. При необходимости высокой степени измельчения процесс разбивается на несколько этапов, т. к. один этап не позволяет получить частицы необходимой конечной крупности.

Измельчение осуществляют раздавливанием, ударным воздействием, истиранием или раскалыванием (рис. 2).

В зависимости от прочности и других характеристик сырья выбирают оптимальный метод измельчения и, следовательно, необходимый аппарат.

После измельчения необходим процесс классификации дробленого материала для отделения нужных по размеру частиц от основной части сырья.

Механическая сортировка (грохочение) – процесс разделения исходного материала по крупности частиц на плоских или криволинейных просеивающих поверхностях – колосниковых решетках или ситах с отверстиями заданного размера, которые приводятся в движение приводом машины

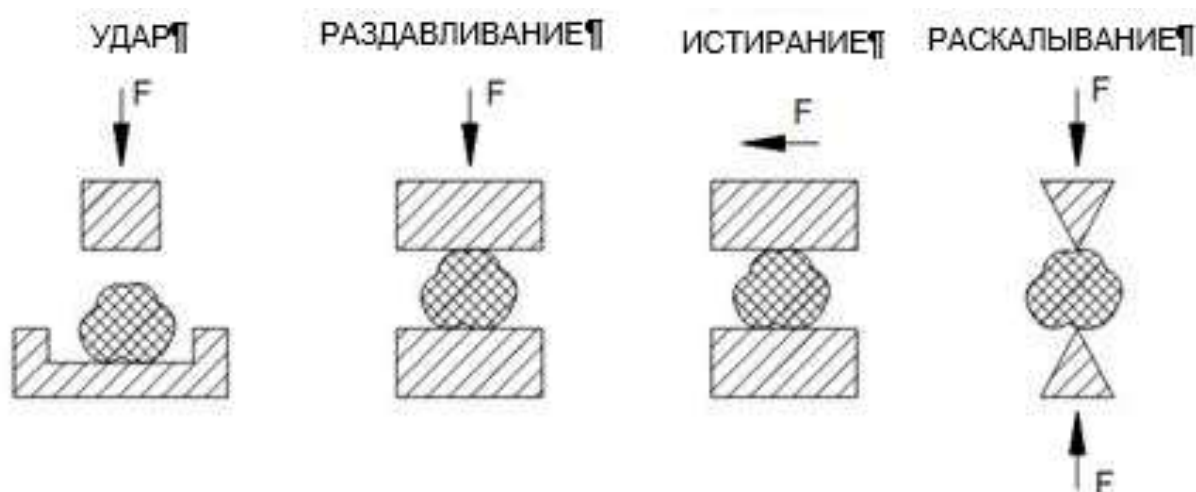


Рис. 2. Виды механических воздействий на сырье при измельчении

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Определение фракционного состава сырья

#### *Материалы и оборудование:*

- каменный уголь или продукты его переработки;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- сита с размерами ячеек 3, 5, 10 мм.

#### *Ход выполнения работы:*

Пробу сырья объемом 250 мл, предварительно взвешенную с точностью до 0,01 г, просеивают поочередно через сита с ячейками 10, 5 и 3 мм (рис. 3).

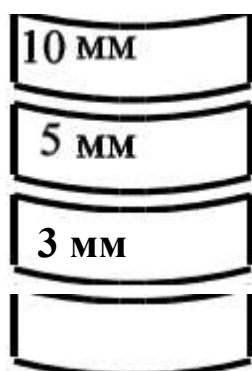


Рис. 3. Установка ситового анализа сырья

Надрешетные продукты взвешивают с точностью до 0,01 г.

**Обработка результатов:**

Фракция сырья более 10 мм составляет надрешетный продукт сита с ячейками 10 мм; фракция 5–10 мм – надрешетный продукт сита с ячейками 5 мм, фракция 3–5 мм – надрешетный продукт сита с ячейками 3 мм; фракция 0–3 мм составляет подрешетный продукт.

Результаты измерений вносят в таблицу 2.

Таблица 2

Для расчета фракционного состава

№ п/п	Фракция, мм	Масса фракции $m$ , г			Доля фракции $F_i$ , % мас.
		1 опыт	2 опыт	средняя	
1.	менее 3				
2.	3–5				
3.	5–10				
4.	более 10				
Всего					100

Долю каждой фракции в процентах определяют согласно формуле

$$F_i = \frac{M_i}{M} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $M_i$  – масса  $i$ -й фракции, г;

$M$  – масса пробы сорбента, взятого для анализа, г.

Долю фракции менее 3 мм рассчитываем по формуле

$$F_{-3} = 100 - F_{+10} - F_{5-10} - F_{3-5}. \quad (2)$$

За результат анализа принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, округленных до 0,01 %.

## 2.2. Измельчение сырья в барабанной дробилке

### *Материалы и оборудование:*

- образцы угля или продукты его переработки;
- мельница MF 10 basic IKA WERKE;
- молотковая насадка на мельницу MF 10 basic IKA WERKE;
- колба коническая со шлифом 250 мл.

### *Описание установки:*

Перед началом сборки необходимо убедиться в том, что выключатель питания (A13) (рис. 4) находится в положении «0», а кабель питания отключен от электрической сети. Выкручивают на равное расстояние три болта (P5), расстояние между головкой болтов и поверхность насадки должно составлять около 2 мм, что соответствует двум оборотам. Сопрягаемые фланцы привода и насадки должны быть чистыми, а регулировочная пружина должна находиться в отверстии (на задней стенке размольной камеры). Притягивают насадку к приводу, убедившись в том, что детали не защемляются. Головки болтов должны войти в отверстия крышки привода. Таким образом, насадку необходимо слегка повернуть по часовой стрелке. Когда болты войдут в отверстия, они заблокируют дальнейшее вращение насадки, которая окажется в вертикальном положении. Закрывают размольную камеру при помощи рукоятки (P10) – 3–5 оборотов, это обеспечит оптимальное выравнивание размольной камеры, в дальнейшем дверь будет легко открываться.

Устанавливают ротор (P13), закрепляют при помощи диска (P11) и винта (P15). Винт (P15) затягивается универсальным гаечным ключом из комплекта мельницы, ротор при этом удерживается торцевым ключом. Ключ устанавливают так, чтобы штифты входили в отверстия на торце ротора. Поворачивают диск таким образом, чтобы отверстия в торце ротора были доступны для ключа.

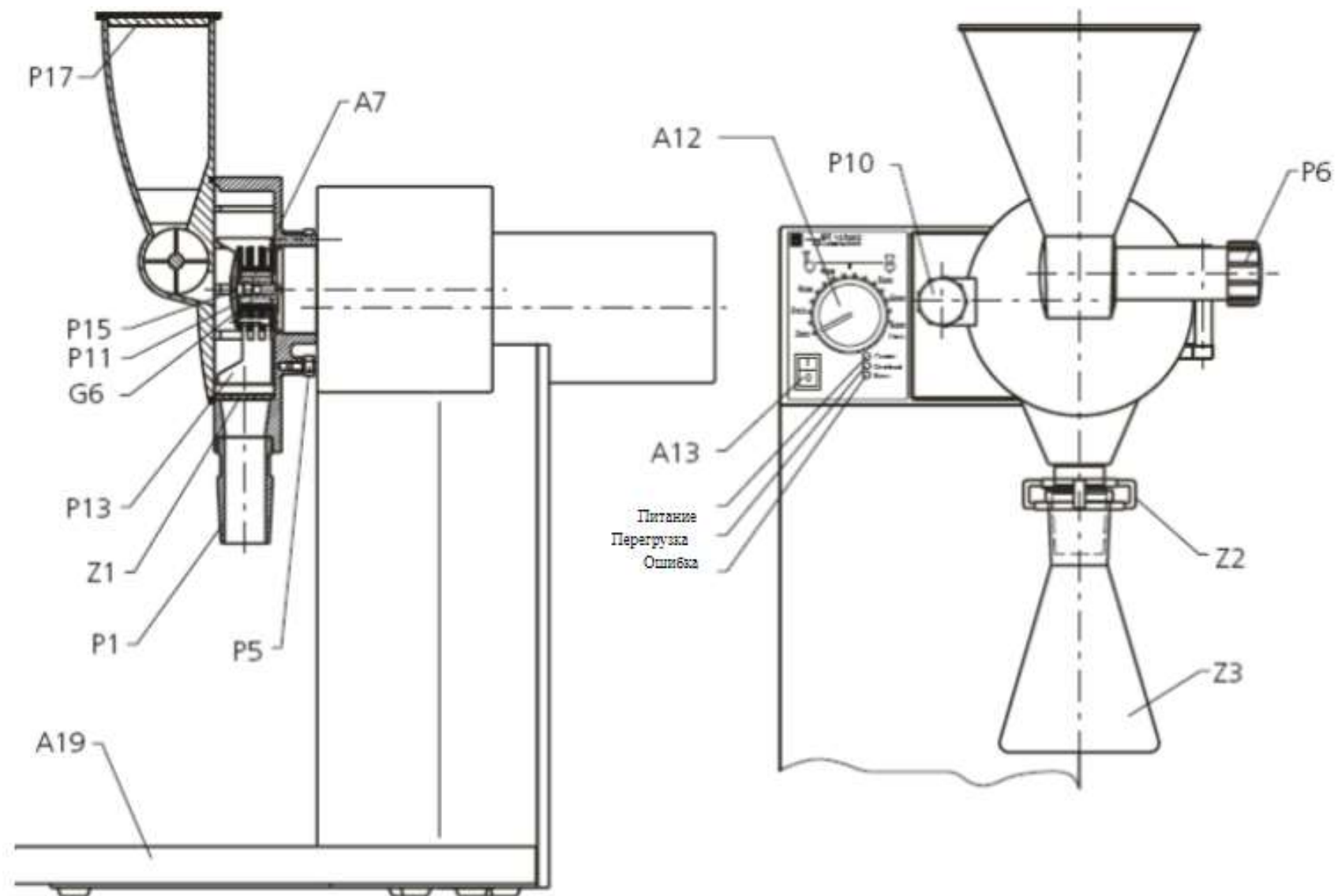


Рис. 4. Строение мельницы MF 10 basic IKA WERKE

После затяжки винта проворачивают ротор на один оборот ( $360^\circ$ ); в случае заедания повторяют сборку. Устанавливают необходимые сита (Z1), для этого вставляют сито в отверстие на лицевой стороне размольной камеры. Сито и держатель сита в рабочей камере должны быть чистыми. Закрывают дверь размольной камеры при помощи рукоятки (P10). Винт рукоятки вкручивается в отверстие крышки двери при нажатии и повороте рукоятки.

### ***Ход выполнения работы:***

Принцип работы мельницы MF 10 basic IKAWERKE основан на ударном действии молотков на дробимый материал.

Материал, который необходимо раздробить, засыпают в воронку, которую закрывают крышкой (P17). Маховик установки скорости вращения (A12) поворачивают влево до упора (3000 об./мин). Мельница включается при помощи перевода выключателя питания (A13) в положение «1». При включении на короткий промежуток времени загораются поочередно индикатор «Питание», индикатор «Перегрузка», затем происходит плавный пуск ротора. Скорость вращения устанавливают при помощи маховика. Для ударного измельчения рекомендуется скорость более 4500 об./мин. Вращением маховика дозирующего шлюза (P6) по часовой стрелке производят дозированную подачу материала в размольную камеру.

При падении скорости шум измельчения снижается и загорается оранжевый индикатор «Перегрузка». Подачу материала можно возобновить только после восстановления скорости вращения ротора или после погасания индикатора «Перегрузка». В противном случае при перегрузке мотора мельница выключится вследствие перегрева. При этом загорается красный индикатор «Ошибка» и раздается звуковой сигнал, оповещающий о необходимости выключения мельницы при помощи выключателя питания (A13). Следует дождаться охлаждения мельницы перед повторным запуском. При работе мельницы в состоянии перегрузки материал не измельчается, так как вследствие снижения скорости вращения ротора, энергии для перемалывания материала недостаточно. При этом материал остается в размольной камере и нагревается. В худшем случае материал запекается на стенках камеры, что приводит к продолжительной ее очистке.

При полном опорожнении воронки мельница продолжает вращение до полного размола материала, находящегося в размольной камере. После окончания размола перед выключением и проведением чистки мельницы рекомендуется на короткое время включить максимальную скорость вращения ротора, а затем переместить маховик влево до упора. После этого выключают мельницу при помощи включателя питания.

Открывают дверь размольной камеры и вынимают сито; оставшийся материал из камеры собирают в коллектор. Следует помнить, что после продолжительной работы рабочая камера и сита могут нагреться.

### **2.3. Измельчение сырья в шаровой мельнице**

#### ***Материалы и оборудование:***

- образцы каменного угля или продукты его переработки;
- барабанно-шаровая мельница.

#### ***Описание установки:***

Барабанно-шаровая мельница (рис. 5) – устройство для измельчения твердых материалов. При вращении мелющие тела (металлические шары) и измельчаемый материал («загрузка») сначала движутся по круговой траектории вместе с барабаном, а затем падают по параболе. Часть загрузки, расположенная ближе к оси вращения, скатывается вниз по подстиляющим слоям. Материал измельчается в результате истирания при относительном перемещении мелющих тел и частиц материала, а также вследствие удара.

#### ***Ход выполнения работы:***

Для начала работы необходимо снять крышку 2, загрузить шары в барабан мельницы, засыпать дробимое сырье, поставить крышку и затянуть ее. Включить электродвигатель мотор-редуктора 5. Для разгрузки измельченного материала снимают крышку и проворачивают барабан 1, чтобы разгрузочное отверстие оказалось снизу; измельченный продукт должен при этом собираться в приемную емкость, предварительно установленную под барабан. Если измельченный продукт недостаточно измельчен, то процесс повторяют.

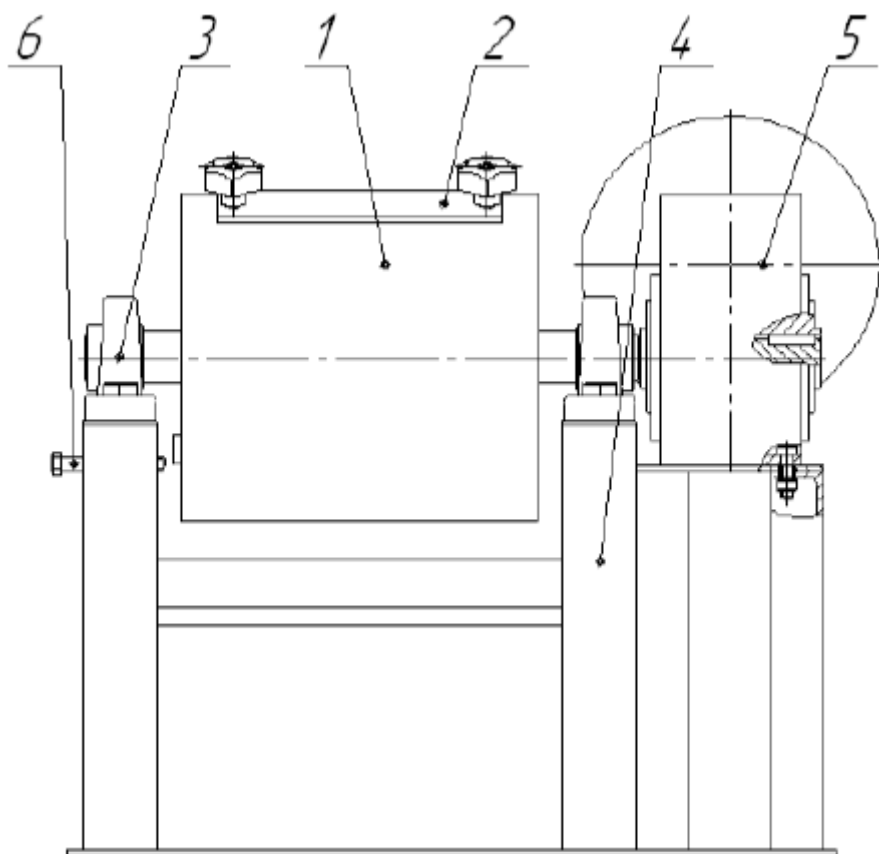


Рис. 5. Барабанно-шаровая мельница

## 2.4. Определение фракционного состава размолотого сырья

Фракционный состав дает понятие о размерном составе насыпи массы сырья после измельчения. В частности, этот параметр важен при организации процесса гранулирования сырья с получением гранул.

### ***Материалы и оборудование:***

- раздробленный каменный уголь или продукты его переработки по пп. 2.1–2.2;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- сита с размерами ячеек 3, 5 мм.



### ***Ход выполнения работы:***

Пробу размолотого продукта объемом 250 мл, предварительно взвешенную с точностью до 0,01 г, просеивают поочередно через сита с ячейками 5 и 3 мм (рис. 6).

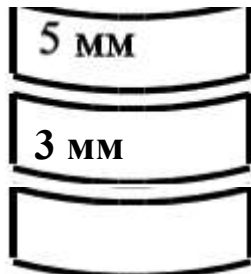


Рис. 6. Установка ситового анализа размолотого материала

Надрешетные продукты взвешивают с точностью до 0,01 г.

### ***Обработка результатов:***

Фракция материала более 5 – надрешетный продукт сита с ячейками 5 мм, фракция 3–5 мм – надрешетный продукт сита с ячейками 3 мм; фракция 0–3 мм составляет подрешетный продукт.

Результаты измерений вносят в таблицу 3.

Таблица 3

Для расчета фракционного состава размолотого сырья

№ п/п	Фракция, мм	Масса фракции $m$ , г			Доля фракции $F_i$ , % мас.
		1 опыт	2 опыт	средняя	
1.	менее 3				
2.	3–5				
3.	более 5				
Всего					100

Долю каждой фракции в процентах определяют согласно формуле (1). Долю фракции менее 3 мм рассчитываем по формуле (2). За результат анализа принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, округленных до 0,01 %.

### **3. Оформление отчета**

1. Указать цель и привести краткое описание хода работы.
2. Результаты опыта представить в виде таблиц 2, 3.
3. Составить вывод о влиянии различных параметров на процесс измельчения сырья.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Процессы подготовки твердого сырья.
2. Виды механических воздействий на сырье при измельчении.
3. Виды размольного оборудования, недостатки и преимущества.
4. Фракционный состав, методы определения.

## Практическая работа 3. **ГРАНУЛИРОВАНИЕ**

Цель задания: ознакомление с методами гранулирования сырья в технологиях переработки твердого сырья.

### **1. Теоретические положения**

Для гранулирования твердого сырья возможно применение различных методов. На практике наиболее распространены следующие методы:

- прессование, т. е. упрочнение материалов под действием внешних сил и возникающих когезионных связей между частицами при сжатии;

- экструзия, заключающаяся в продавливании пастообразной массы в виде увлажненной шихты через перфорированные приспособления с последующим разделением гранул, сушкой или охлаждением;

- окатывание, т. е. упрочнение связей между частицами при удалении жидкой фазы из окатываемой смеси.

Существует большое количество схем гранулирования. Отличаются они, главным образом, реализацией процесса формования, конструкцией основного аппарата, а также процессами обработки полученного продукта.

Широко применяют формование методом прессования. Наиболее распространен такой метод в Китае, США, Англии, Германии, Японии, где получают брикеты самого различного качества, состава и свойств. Технология прессования мелкозернистого сырья состоит из следующих основных стадий: подготовка компонентов шихты по влажности и фракционному составу; выбор связующего и определение оптимального состава шихты; выбор оптимальной формы и размеров брикетов; выбор пресса и организация процесса брикетирования; организация процесса сушки полученных брикетов. Однако методу прессования присущ ряд недостатков: высокая капиталоемкость и энергозатратность процесса. Наиболее затратной статьей является эксплуатация оборудования (прессов высокого давления), для работы которых затрачивается значительное количество энергетических ресурсов. Процесс прессования также сопро-

воздается образованием значительных объемов отходов производства в виде пыли. Характерным недостатком для многих линий является малая единичная производительность технологического оборудования.

Существует группа методов, основанных на горячем прессовании: термоокисление, термобрикетирование, термообработка брикетов горячим теплоносителем. Они достаточно хорошо изучены, но являются дорогостоящими в аппаратурном оформлении и требуют значительных тепло- и энергозатрат.

Вышеперечисленных недостатков лишена технология гранулирования методом окатывания. Суть метода заключается в получении шарообразных гранул определенного гранулометрического состава при вращении на наклонной (тарельчатый или барабанный гранулятор) или на неподвижной поверхности (ротаторный гранулятор). Процесс не требует избыточного давления и осуществляется во вращающихся барабанах или на тарельчатых окомкователях. Для окатывания характерны простота аппаратурного оформления технологического процесса и высокая производительность.

Перекатываясь по рабочей поверхности, частицы материала сближаются, что создает возможность для образования тонких пленок воды между частицами окатываемого материала.

Весь процесс окатывания состоит из отдельных стадий:

- 1) смешение мелкодисперсного сырья со связующим материалом.
- 2) образование гранул из мелких частиц и дробление комков.
- 3) уплотнение гранул в результате их перемещения по поверхности гранулятора.
- 4) упрочнение связей в результате перехода неорганических веществ из жидкой фазы в твердую, то есть стабилизация структуры гранулы.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Гранулирование на барабанном грануляторе

#### ***Материалы и оборудование:***

- измельченный каменный уголь или продукты его переработки, полученные при выполнении Практической работы 2;
- связующее: исходный или микробиологически обработанный избыточный активный ил биологических очистных сооружений;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,02 г;
- барабанный гранулятор.

#### ***Описание установки:***

Барабанный гранулятор представлен на рис. 7.



Рис. 7. Барабанный гранулятор

Установка представляет собой горизонтальный стальной цилиндрический барабан, вращающийся на бандажных опорах, который с одной стороны имеет отверстие для подачи смеси исходных компонентов и вывода готового продукта. Установка периодического действия, скорость вращения 15–40 об./мин.

#### ***Ход выполнения работы:***

Готовят смесь для грануляции согласно параметрам в Практической работе 1. Смесь для грануляции помещают вовнутрь барабана в объеме, не превышающем одну третью часть объема барабана. Устанавливают необходимую скорость вращения барабана для по-

лучения гранул заданного диаметра. При необходимости внутрь барабана могут вводиться «опудривающие» добавки или дополнительная влага. По истечении выданного в задании времени гранулятор останавливают, образующиеся гранулы выгружают.

## **2.2. Брикетирование на прессе**

### ***Материалы и оборудование:***

- измельченный каменный уголь или продукты его переработки, полученные при выполнении Практической работы 2;
- связующее: исходный или микробиологически обработанный избыточный активный ил биологических очистных сооружений;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,02 г;
- лабораторный пресс ПГМ-100МГ4;
- формы для брикетирования.

### ***Описание установки:***

Установка для брикетирования смеси представлена на рис. 8.

Конструктивно пресс представляет собой машину, состоящую из нагружающего устройства и силоизмерителя. Нагружающее устройство состоит из силовой рамы, гидронасоса и рабочего цилиндра. Силоизмеритель состоит из тензопреобразователя и пульта управления с дисплеем, соединяемого при помощи кабеля с тензопреобразователем и электроприводом. Силовая рама образована основанием, четырьмя стойками и упорной траверсой. Под основанием размещен электропривод насоса с блоком управления и гидронасос. На основании размещен масляный бак, рабочий цилиндр с поршнем и нижней опорной плитой, а также смонтированы датчик перемещения и концевой выключатель предельного хода поршня. На упорной траверсе смонтирован силовой винт ручной подачи с верхней опорной плитой, в пазах, расположенных на упорной траверсе, установлен пульт управления.



Рис. 8. Строение лабораторного пресса ПГМ-100МГ4

На лицевой панели пресса расположены органы управления:

- тумблер включения питания;
- кнопка ПУСК включения электропривода насоса;
- кнопка СТОП;
- рукоять привода клапана сброса/подачи масла;
- индикатор работы двигателя насоса;
- регулятор скорости нагружения (потенциометр).

На задней панели пресса размещены решетка вентилятора, пробка сливного отверстия масляного бака, гнездо для подключения пресса к сети 220 вольт, 50 герц, предохранитель, клемма заземления.

Пресс снабжен защитой от перегрузки, автоматически отключающей электропривод при превышении нагрузки или при достижении максимального хода поршня. Пульт управления служит для управления процессом. На лицевой панели пульта управления имеется жидкокристаллический дисплей и клавиатура.

### ***Ход выполнения работы:***

Открывают клапан сброса масла поворотом рукояти привода клапана сброса масла в положение «Открыто» и, если нижняя плита была поднята, перемещают ее в исходное (нижнее) положение. Форму для прессования со смесью устанавливают строго по оси верхней и нижней плит. Зазор между верхней плитой и образцом (3–4 мм) устанавливают силовым винтом. Нажатием кнопки ВКЛ включают пресс, после чего на дисплее высвечивается информация о приборе.

С помощью кнопок  $\uparrow$ ,  $\downarrow$  водят скорость нагружения, фиксируют значение кнопкой ВВОД. По окончании ввода дисплей принимает вид, указанный на рис. 9.

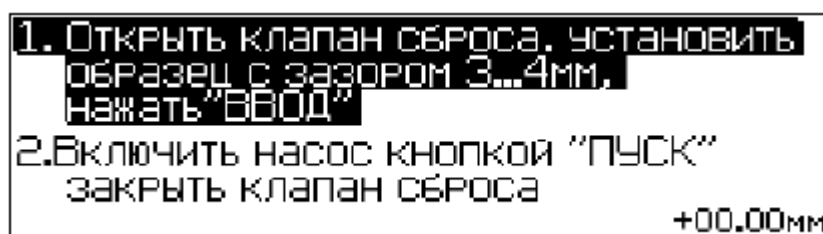


Рис. 9. Вид дисплея после ввода значений нагрузки

Убедившись, что клапан сброса масла открыт, а нижняя опорная плита находится в исходном положении, нажимают кнопку ВВОД, на дисплей выводится сообщение об автоподстройке (рис. 10).

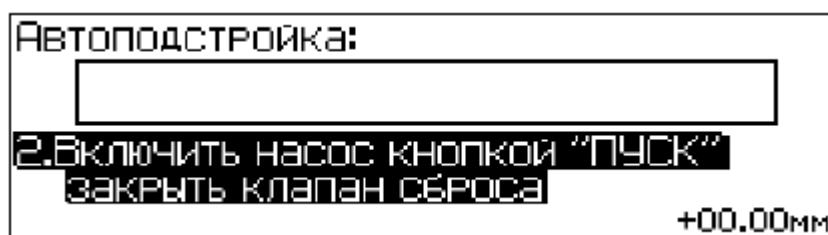


Рис. 10. Вид дисплея перед началом прессования

Следуя указаниям на дисплее, включают двигатель насоса кнопкой ПУСК и закрывают клапан сброса, тем самым запуская процесс автоподстройки, после которого пресс переходит в рабочий режим.

После окончания прессования нажимают кнопку СТОП, открывают клапан сброса масла, при этом нижняя опорная плита перемещается в исходное состояние.



### 2.3. Определение фракционного состава гранул

Фракционный состав дает понятие о размерном составе насыпи полученных гранул сырья. В частности, этот параметр важен при организации процесса пиролиза.

#### ***Материалы и оборудование:***

- гранулы, полученные по пп. 2.1, 2.2;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- сита с размерами ячеек 2, 5, 10 15 мм.

#### ***Ход выполнения работы:***

Полученные по пп. 2.1 и 2.2 гранулы, предварительно взвешенные с точностью до 0,01 г, просеивают поочередно через сита с ячейками 15, 10, 5 и 2 мм (рис. 11).

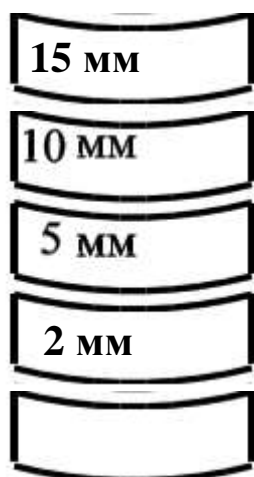


Рис. 11. Установка ситового анализа

Надрешетные продукты взвешивают с точностью до 0,01 г.

#### ***Обработка результатов:***

Фракция сырья более 15 мм составляет надрешетный продукт сита с ячейками 15 мм; 10–15 мм составляет надрешетный продукт сита с ячейками 10 мм; фракция 5–0 мм – надрешетный продукт сита с ячейками 5 мм; фракция 2–5 мм – надрешетный продукт сита с ячейками 3 мм; фракция 0–2 мм составляет подрешетный продукт.

Результаты измерений вносят в таблицу 4.

Таблица 4

Для расчета фракционного состава гранул

№ п/п	Фракция, мм	Масса фракции $m$ , г			Доля фракции $F_i$ , % мас.
		1 опыт	2 опыт	средняя	
1.	менее 2				
2.	2–5				
3.	5–10				
4.	10–15				
5.	более 15				
Всего					100

Долю каждой фракции в процентах определяют согласно формуле (1). Долю фракции менее 3 мм рассчитываем по формуле (2). За результат анализа принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, округленных до 0,01 %.

### 3. Оформление отчета

1. Указать цель и привести краткое описание хода работы.
2. Результаты опыта представить в виде таблицы 4.
3. Составить вывод о влиянии различных параметров на процесс гранулирования сырья.

### 4. Контрольные вопросы

1. Методы гранулирования, преимущества и недостатки.
2. Виды устройств для грануляции сырья, принцип их работы, преимущества и недостатка.
3. Виды связующих, их роль при грануляции в технологии получения сорбентов.

## Практическая работа 4.

### СУШКА ГРАНУЛ

Цель задания: ознакомление с методами сушки твердых материалов.

#### 1. Теоретические положения

В случае использования исходного или обработанного избыточного ила в качестве связующего при гранулировании может возникнуть необходимость в сушке полученных гранул для удаления излишней влаги.

Конструкции сушильных аппаратов (сушилок) крайне разнообразны. Основные две причины такого разнообразия: различие в свойствах высушиваемых материалов и в постановке технологической задачи; недостаточные успехи проектировщиков в разработке единой оптимальной конструкции.

В случае сушильных аппаратов определенно преобладает первая причина. Это является следствием широкого разнообразия определяющих факторов:

- консистенция высушиваемого исходного сырья (изделия; ленты; пленки; нити; зернистые материалы, хорошо и плохо сыпучие; пасты; суспензии и даже растворы);
- размер и форма материала (крупные и мелкие; сферические и близкие к ним либо сильно отличающиеся от шарообразных; дробленые, игольчатые, чешуйчатые и т. п.);
- устойчивость к высоким температурам: стабильность к очень высоким (на уровне топочных газов) или достаточно высоким температурам либо, наоборот, термолабильность и потому ограниченность температур при сушке;
- виды связи влаги с материалом и необходимая глубина высушивания;
- скорость сушки;
- механическая прочность (устойчивость к сжатию и истиранию) и т. п.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Сушка в ИК сушилках

#### **Материалы и оборудование:**

- гранулы, полученные в Практической работе 3;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- электрошкаф.

#### **Описание установки:**

Установка инфракрасной сушки материалов приведена на рис. 12.

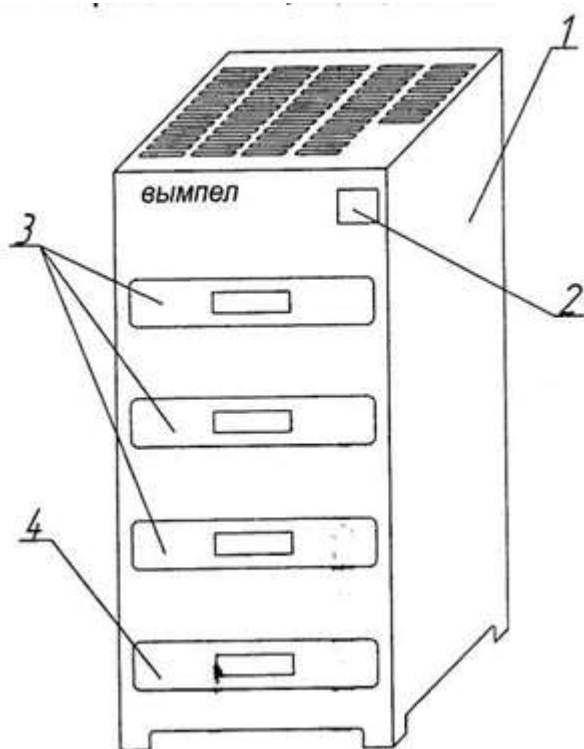


Рис. 12. Электрошкаф «Вымпел»: 1 – корпус; 2 – переключатель «Сеть»; 3 – ящик для размещения материалов; 4 – поддон для сбора влаги

#### **Ход выполнения работы:**

В ящики электрошкафа помещаются монослоем гранулы (предварительно взвешенные) и выдерживают в течение 24 часов. После окончания сушки гранулы вынимают, определяют остаточную влажность по ГОСТ 11014-81 «Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренный метод определения влаги».

## 2.2. Сушка в сушильных шкафах с конвекцией

### ***Материалы и оборудование:***

- гранулы, полученные в Практической работе 3;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- сушильный шкаф с конвекцией.

### ***Описание установки:***

Низкотемпературная электропечь СНОЛ 58/350 приведена на рис. 13.



Рис. 13. Низкотемпературная электропечь СНОЛ 58/350

### ***Ход выполнения работы:***

Гранулы (предварительно взвешенные) размещают на лотках с низким бортиком и ставят в сушильный шкаф с температурой внутри камеры 100–105 °С. После окончания сушки лотки вынимают, определяют остаточную влажность гранул по ГОСТ 11014-81 «Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренный метод определения влаги».

## 3. Оформление отчета

1. Указать цель и привести краткое описание хода работы.
2. Составить вывод о влиянии различных параметров на процесс сушки грану.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. В каких случаях необходимо материал подвергать сушке?
2. Виды влаги.
3. Методы сушки твердых материалов.
4. Конструкции сушильных аппаратов, преимущества и недостатки.
5. Методы определения влажности материалов.

## Практическая работа 5.

# ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ГРАНУЛ С ПОЛУЧЕНИЕМ НЕФТЕСОРБЕНТА

Цель задания: ознакомление с методами термической переработки каменного угля и продуктов его переработки с получением сорбентов, а также способы охлаждения готового продукта.

## 1. Теоретические положения

Термическая переработка каменного угля широко применяется для получения различных углеродистых твердых материалов, жидких и газообразных продуктов. В зависимости от назначения конечных продуктов пиролиза, исходным сырьем для переработки может быть практически любой уголь.

Процесс пиролиза каменного угля основан на нагревании до определенной температуры без доступа кислорода с целью его термической деструкции. При этом протекают следующие группы химических реакций:

- деполимеризация органической массы каменного угля с образованием органических молекул с меньшей молекулярной массой;
- вторичные реакции превращений образующихся в процессе пиролиза продуктов, среди которых: конденсация, полимеризация, ароматизация, алкилирование.

Обе группы химических реакций протекают как последовательно, так и параллельно. Конечным итогом совокупности этих термохимических превращений является образование жидких газообразных и твердых продуктов.

Следует упомянуть, что пиролиз каменного угля осуществляется в различных температурных интервалах. Выбор температуры пиролиза зависит от типа продуктов, которые необходимо получить в конечном итоге. Низкотемпературный пиролиз (полукоксование) обычно производится при 500–600 °С, среднетемпературный – при 700–800 °С, а высокотемпературный пиролиз (или, как его еще называют, коксование) производится при 900–1100 °С.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Пиролиз гранул

#### ***Материалы и оборудование:***

- гранулы, полученные в Практической работе 4;
- весы аналитические лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,002 г;
- трубчатая печь.

#### ***Описание установки:***

Получение сорбента осуществляют на экспериментальной пиролизной установке (рис. 14, 15).

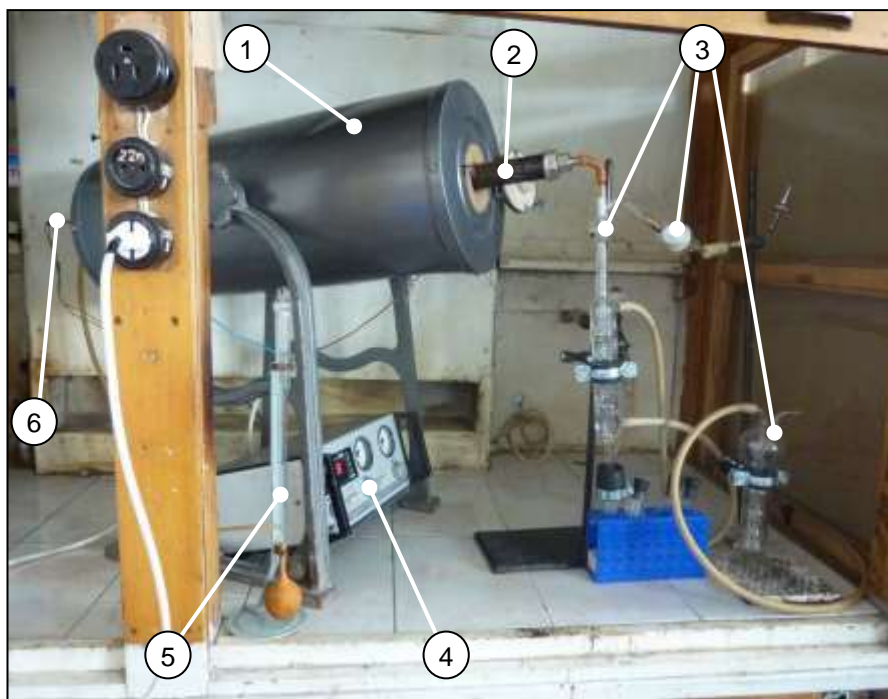


Рис. 14. Внешний вид экспериментальной пиролизной установки для получения сорбента: 1 – трубчатая печь; 2 – реактор-пиролизер; 3 – система охлаждения и газоочистки; 4 – блок управления; 5 – пенный расходомер; 6 – датчик температуры

Основные узлы экспериментальной пиролизной установки: трубчатая электропечь, реактор-пиролизер, система охлаждения и очистки парогазовой смеси.

Трубчатая печь развивает температуру до 1100 °С, скорость нагрева составляет 15–25 °С/мин.



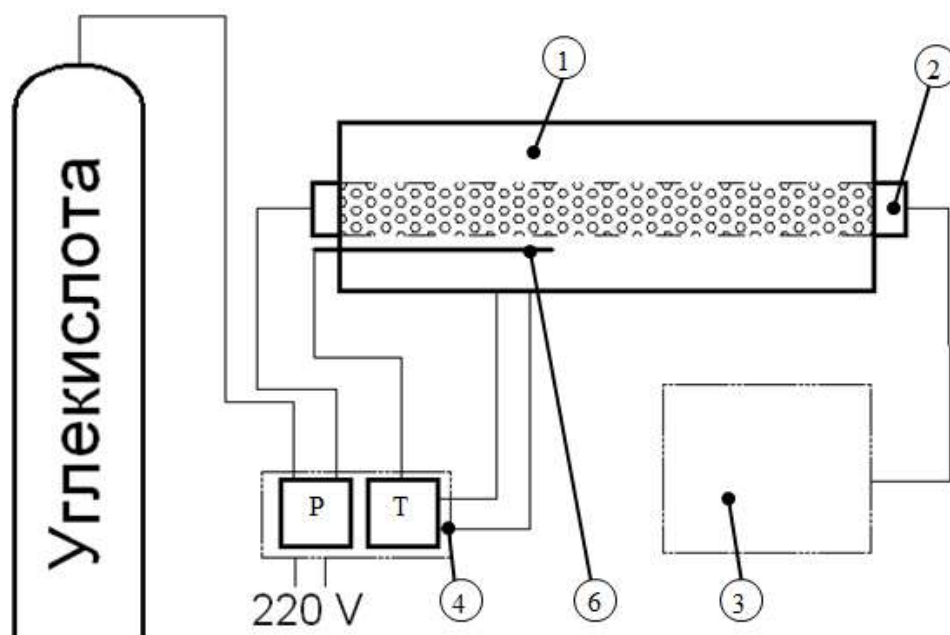


Рис. 15. Схема экспериментальной пиролизной установки для получения сорбента: 1 – трубчатая печь; 2 – реактор-пиролизер; 3 – система охлаждения и газоочистки; 4 – блок управления; 6 – датчик температуры; 7 – баллон с активирующим агентом

Реактор-пиролизер представляет собой стальную емкость цилиндрической формы (диаметр внутренний – 27 мм, длина – 820 мм), снабженную штуцерами с двух концов: для ввода инертного газа в случае охлаждения инертным газом и отвода парогазовой смеси. Второй штуцер соединяет реактор-пиролизер с системой охлаждения и очистки парогазовой смеси. Система охлаждения и очистки парогазовой смеси (рис. 16) состоит из водяного конденсатора для охлаждения парогазовой смеси, приемника для сбора сконденсированных продуктов (пиролизных вод), тканого фильтра для очистки пирогаза от несконденсированных веществ, газового штуцера для отвода пирогаза.

При необходимости для сорбционной очистки пирогаза предусмотрен специальный сосуд, наполненный 25 % мас. раствором гидроксида натрия.

### ***Ход выполнения работы:***

Реактор-пиролизер на 2/3 объема загружают гранулами, закрывают газывыводящей крышкой и помещают в трубчатую печь. Нагревают трубчатую печь, выдерживают заданную температуру в течение времени, определенного в Практической работе 1. При этом в течение

процесса пиролиза один из штуцеров реактора-пиролизера закрыт наглухо. В процессе пирогенетического разложения формованных гранул из реактора-пиролизера в холодильник поступает парогазовая смесь, где конденсируются жидкие продукты.

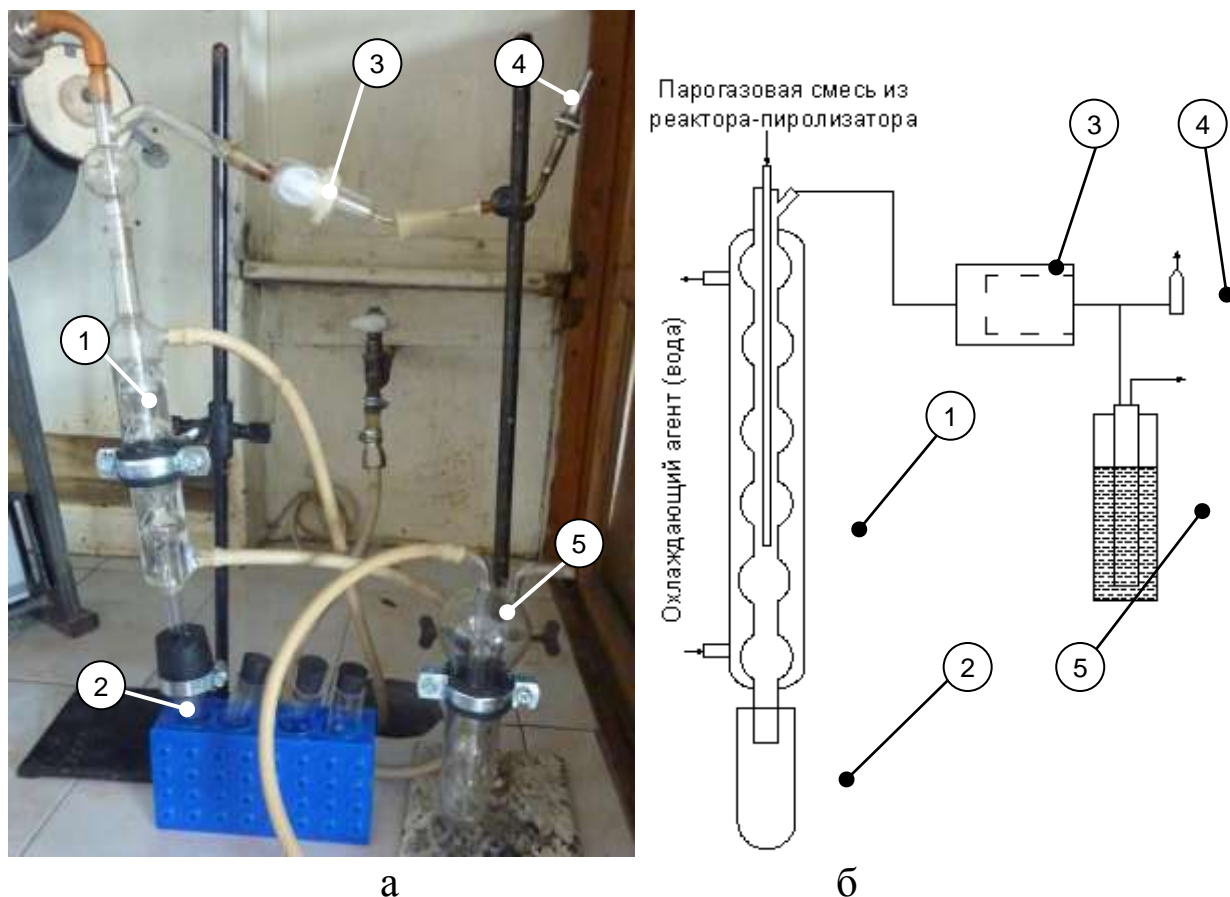


Рис. 16. Внешний вид (а) и схема (б) системы охлаждения и очистки парогазовой смеси продуктов пиролиза: 1 – водяной холодильник; 2 – приемник для сбора сконденсированных продуктов; 3 – фильтр газообразных продуктов; 4 – газовый штуцер; 5 – сосуд сорбционной очистки пирогаза

После окончания пиролиза полученный сорбент охлаждают одним из методов и взвешивают.

## 2.2. Охлаждение сорбента инертным газом

### *Материалы и оборудование:*

- гранулы, полученные в п. 2.1;
- охлаждающий агент (углекислый газ, азот, гелий).

### ***Ход выполнения работы:***

После окончания процесс пиролиза в реактор-пиролизер через ранее наглухо закрытый штуцер подают с заданным расходом инертный агент – диоксид углерода, азот или гелий для охлаждения.

## **2.3. Охлаждение сорбента мокрым способом**

Использование воды при охлаждении продуктов пиролиза называют «тушением».

### ***Материалы и оборудование:***

- гранулы, полученные в п. 2.1;
- охлаждающий агент (вода);
- металлическое сито.

### ***Ход выполнения работы:***

После окончания процесса пиролиза, полученный горячий сорбент высыпают на металлическое сито и сверху методом орошения наносят воду в количествах предусмотренных заданием. После тушения сорбенты доохлаждают на воздухе.

## **2.4. Охлаждение сорбента на воздухе**

### ***Материалы и оборудование:***

- гранулы, полученные в п. 2.1.

### ***Ход выполнения работы:***

После окончания процесса пиролиза реактор-пиролизер извлекают из трубчатой печи и не вскрывая оставляют охлаждаться естественным способом.

## **3. Оформление отчета**

1. Указать цель и привести краткое описание хода работы.
2. Зарисовать конструкцию пиролизной установки.
3. Составить вывод о влиянии различных параметров на процесс пиролиза гранул.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Методы термической переработки твердого горючего топлива, в том числе каменного угля.
2. Основные продукты термохимической переработки каменного угля топливного и нетопливного назначения.
3. Преимущества и недостатки, особенности организации низкотемпературного пиролиза.
4. Преимущества и недостатки, особенности организации среднетемпературного пиролиза.
5. Преимущества и недостатки, особенности организации высокотемпературного пиролиза.
6. Основное оборудование термохимической переработки твердого горючего топлива.

## Практическая работа 6.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ. ПОИСК РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Цель: оценка эффективности применяемой технологии получения сорбента на основе каменного угля и продуктов его переработки, постановка технических задач, решение их с помощью различных методов.

## 1. Теоретические положения

Основным условием развития техники и технологии является умение правильной постановки творческой инженерной задачи специалистами. Для постановки задач необходимо:

1. Сформулировать проблемную ситуацию.

Например, сушка гранул при температуре 100–105 °С в течение 20 минут оказалась неэффективной, влажность полупродукта высока для использования в печах пиролиза имеющейся конструкции.

2. Выявить причины возникновения недостатков.

Например, высокая влажность исходных гранул, низкая температура сушки, отсутствие конвекции, недостаточное время сушки, гранулы не теплопроводны, поэтому внутри загрузки гранулы не нагреваются и т. д.

3. Выявить и проанализировать противоречия развития.

Например, снижение исходной влажности гранул благодаря снижению содержания связующего приведет к уменьшению прочности гранул.

4. Формирование идеального технического решения.

Поиск решений технических задач может быть организован на основе различных методов инженерного творчества: методом мозговой атаки, эвристических приемов, морфологического анализа, контрольных вопросов, синектики и т. п.

## **2. Практическая часть**

### **2.1. Оценка эффективности применяемой технологии**

Все наблюдения, проводимые в течение выполнения Практических работ 2–5, анализируют и на их основе формулируют проблемную ситуацию, выявляют основные задачи по улучшению применяемой технологии.

### **2.2. Поиск решений технических задач**

Студенты на основе своих теоретических и практических знаний по дисциплине подбирают наиболее эффективный, с их точки зрения, метод или методы решения выявленных в п. 2.1 задач (выбор необходимо аргументировать):

- метод мозговой атаки (штурма);
- метод эвристических приемов;
- метод морфологического анализа;
- метод контрольных вопросов;
- синектика.

В соответствии с выбранной методикой студенты самостоятельно моделируют процесс поиска решений.

#### **2.2.1. Метод мозговой атаки (штурма)**

Метод включает в себя три этапа, которые должны проходить последовательно.

##### *1. Формулировка идей*

На данном этапе формулируют цель, осуществляют сбор необходимой информации. Все услышанные идеи фиксируются на бумаге, чтобы не упустить ничего важного.

##### *2. Формирование рабочей группы*

Участники делятся на генераторов идей и экспертов. Первая группа людей предлагает нестандартные способы в качестве решения проблемы. Эксперты обсуждают ценность каждой выдвинутой идеи, соглашаются с ней или нет, мотивируя свой выбор.

### *3. Анализ и отбор предложений*

На этом этапе все идеи критикуют, активно обсуждают предложения. Сначала высказываются генераторы идей, после этого слово предоставляется экспертам. Предложения отбираются, основываясь на логическом выводе и креативности. Любой нестандартный подход приветствуется и потому рассматривается с особым интересом.

Преподаватель должен контролировать процесс, наблюдать за ходом обсуждения технологии. В случае возникновения спорных моментов он обязательно вносит ясность, уточняет детали, направляет дальнейшее развитие мысли.

#### **2.2.2. Метод эвристических приемов**

Большинство эвристических приемов включает две части:

- 1 – ответ на вопрос «что изменить»;
- 2 – ответ на вопрос «как изменить».

Первая часть может содержать несколько переменных, а вторая – несколько способов их изменения, поэтому приемы зачастую содержат несколько поисковых шагов.

При использовании эвристических приемов поиск технического решения следует выполнять в следующем порядке:

- 1) уяснить цели задания и составить список признаков искомого технического решения;
- 2) выбрать из известных технических решений один или несколько прототипов, в наибольшей степени отвечающих списку признаков;
- 3) проанализировать прототипы, выявив несоответствие их признаков с искомым решением;
- 4) в соответствии с признаками, подлежащими изменению, выбрать наиболее подходящий прием.

#### **2.2.3. Метод морфологического анализа**

Основной идеей морфологического анализа является упорядочение процесса выдвижения и рассмотрения различных вариантов решения задачи. Расчет строится на том, что в поле зрения могут

попасть варианты, которые ранее не рассматривались. Морфологический анализ основан на следующих шагах – алгоритме:

- 1) выделение проблемы и выделение всех ключевых моментов;
- 2) определение максимально возможного числа вариантов решения;
- 3) занесение вариантов в таблицу;
- 4) оценивание всех вариантов и их комбинирование (табл. 5);
- 5) выбор наиболее оптимального варианта решения.

Таблица 5

Таблица морфологического анализа попарного сочетания вариантов

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Вариант 1				
Вариант 2				
Вариант 3				
Вариант 4				
Вариант 5				

#### 2.2.4. Метод контрольных вопросов

Для реализации метода контрольных вопросов необходимо самостоятельно составить список вопросов, которые могут повлиять на ход процесса и эффективность технологии получения сорбента. При составлении можно пользоваться функционально-стоимостным анализом (ФСА), вопросами списка Осборна А. Ф., Пойи Д., Эйлоарта Т., Мэтчетта, Шустерманов и др. (приложение 1).

#### 2.2.5. Синектика

Термин «синектика» обозначает совмещение в процессе поиска решения проблемы разнородных, порой даже несовместимых элементов. Принципиальные отличия в синектике: приветствуется критика, а также активно используются различного рода сравнения и аналогии. В процессе решения поставленной задачи участие принимает группа людей (синектиков), а обсуждение состоит из четырех основных этапов.



**1. Прямые аналогии.** Они нередко находятся в различных системах (даже в биологической), которые решают сходные с поставленной задачи. К примеру, есть мнение, что во время своего наблюдения за тем, как червь-древоточец пробуравливает трубчатый канал в древесине, французский инженер Марк Изимбар Брюнель пришел к открытию кессонного метода в строительстве подводных сооружений.

**2. Субъективные (личные) аналогии.** В качестве примера можно использовать изобретателя, который представляет себе, как его собственное тело функционировало бы, если бы он мог, используя его, достичь поставленного результата. Что бы он чувствовал, если бы его руки, например, были крыльями или лопастями вертолета? Или как повело бы себя его тело, если бы он был подъемным краном?

**3. Символические аналогии.** Здесь могут использоваться сравнения, аллегории, метафоры, где свойства чего-то одного отождествляются со свойствами другого. К примеру, пространство вариантов, острая проблема, стальное решение и т. п.

**4. Фантастические аналогии.** На этом этапе нужно представлять вещи такими, какими они быть не могут по определению. Например, любой момент вашей жизни сопровождается только вам слышной музыкой, которую вы сами можете выбирать. Или всегда, когда вы едете на машине, на вашем пути автоматически исчезают все препятствия и т. п.

### **3. Оформление отчета**

В качестве отчета предоставляются все вспомогательные материалы, применяемые в той или иной методике (карточки, записи каждого из члена команды), а также готовится итоговый отчет (приложение 2), содержащий предлагаемые в ходе обсуждения решения с указанием имен участников, выдвинувших предложение и участвующих в обсуждении. В конце отчета размещается вывод, содержащий обоснованные технические решения по улучшению

технологии получения сорбентов на основе каменного угля и продуктов его переработки.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Понятия «проблемная ситуация», «техническая задача», «инженерное творчество».
2. Виды методов решения технических задач.
3. Преимущества и недостатки метода мозговой атаки (штурма). Границы применимости.
4. Преимущества и недостатки метода эвристических приемов. Границы применимости.
5. Преимущества и недостатки метода морфологического анализа. Границы применимости.
6. Преимущества и недостатки метода контрольных вопросов. Границы применимости.
7. Преимущества и недостатки метода синектики. Границы применимости.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ**

К выполнению работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по правилам техники безопасности в химических лабораториях.

Для подключения установок необходимо использовать розетки, имеющие заземляющий контакт.

В процессе работы студент обязан:

- работать в чистом халате;
- соблюдать чистоту;
- соблюдать правила обращения с электроприборами;
- не отлучаться от установки, находящейся под напряжением, во время проведения работы;
- бережно обращаться с оборудованием;
- выполнять работу в описанной последовательности.

## **2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Раздел 1–8. Подготовка к лекциям.

Раздел 1–7. Подготовка к практическим занятиям.

Раздел 2. Выполнение индивидуальной научно-исследовательской работы по заданию преподавателя.

Раздел 3. Подготовка и оформление заявки на изобретение по заданию преподавателя.

Раздел 4–8. Подготовка к текущему контролю.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Чернышов, Е. А. Основы инженерного творчества в дипломном проектировании и магистерских диссертациях [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Металлургия» / Е. А. Чернышов. – Москва: Высшая школа, 2008. – 254 с.

2. Аверченков, В. И. Методы инженерного творчества [Электронный ресурс]. – Москва: Издательство «Флинта», 2016. – 78 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=93272](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=93272). – Загл. с экрана.

3. Сычев, А. Н. Защита интеллектуальной собственности и патентование [Электронный ресурс]. – Томск: Эль Контент, 2012. – 160 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=208697](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=208697). – Загл. с экрана.

4. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс]. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. – 208 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=450782](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=450782). – Загл. с экрана. (22.04.2019)

5. Муштаев, В. И. Основы инженерного творчества [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты хим. пр-в» / В. И. Муштаев, В. Е. Токарев. – Москва: Дрофа, 2005. – 254 с.

3. Козырев, А. В. Основы научных исследований и патентование [Электронный ресурс]. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 172 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=209000](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=209000). – Загл. с экрана.

4. Арене, В. Ж. Творчество в науке: учебное пособие. – Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 326 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=100027](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=100027). – Загл. с экрана.

5. Горохов, В. Г. Техника и культура: возникновение философии техники теории технического творчества в России и Германии в конце XIX – начале XX столетия [Электронный ресурс]. – Москва: Логос, 2009. – 375 с. – Режим доступа:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=84928](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=84928). – Загл. с экрана.

6. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества [Текст]: учебное пособие для втузов / А. И. Половинкин. – Москва: Машиностроение, 1988. – 361 с.

## Списки для метода контрольных вопросов

### ***Список контрольных вопросов А. Ф. Осборна:***

1. Повторить или адаптировать для нового применения?
2. Приспособить? Что это вам говорит? Есть что-то похоже на это? С чем это можно сравнить?
3. Модифицировать? Подать это под другим углом? Другой цвет, звук, смысл, движение, форма?
4. Увеличить? Что именно? Время? Частоту? Высоту? Длину? Прочность?
5. Уменьшить? Что можно устранить? Сделать маленьким и низким? Коротким? Легким? Проницаемым? Складным? Ломающимся?
6. Заменить? Использовать другие ингредиенты? Другой материал? Другие процессы? Другое место? Другой подход? Другой тон голоса? Что-то еще?
7. Перестроить? Заменить компоненты? Изменить модель, последовательность или расположение? Изменить темп или расписание? Поменять местами причину и следствие?
8. Сделать наоборот? Сдать назад? Поставить с ног на голову? Сменить обувь? Вращающиеся идвигающиеся поверхности?
9. Объединить? Объединить детали, цели, лозунги или идеи? Смесь, сплав или ансамбль?

### ***Список контрольных вопросов Д. Пойа:***

1. **Понимание постановки задачи:** Что известно? Что дано? В чем состоит условие? Достаточно ли условие для определения неизвестного? Или недостаточно? Или чрезмерно? Или противоречиво? Сделайте чертеж. Введите подходящие обозначения. Разделите условие на части. Постарайтесь записать их.
2. **Составление плана решения:** Не встречалась ли вам раньше эта задача? Хотя бы в несколько другой форме? Известна ли вам какая-нибудь родственная задача? Не знаете ли теорему, которая могла бы оказаться полезной? Рассмотрите неизвестное. Постарайтесь вспомнить знакомую задачу с тем же или подобным неизвестным.

**2.1. Вот задача, родственная данной и уже решенная.** Нельзя ли воспользоваться ею? Нельзя ли применить ее результат? Нельзя ли использовать элемент, чтобы стало возможным пользоваться прежней задачей? Нельзя ли иначе сформулировать задачу? Еще иначе?

**2.2.** Вернитесь к определениям. Если не удалось решить данную задачу, попытайтесь решить сходную. Нельзя ли придумать более доступную сходную задачу? Более общую? Более частную? Аналогичную? Нельзя ли решить часть задач?

**2.3. Сравните только часть условия, отбросив остальную часть:** насколько определенным окажется тогда неизвестное, как оно сможет меняться? Нельзя ли извлечь что-либо полезное из данных? Нельзя ли придумать другие данные или, если необходимо и то и другое так, чтобы новое неизвестное и новые данные оказались ближе друг к другу? Все ли данные Вами использованы? Все ли условия? Приняты ли во внимание все существенные понятия, содержащиеся в задаче?

**3. Осуществление плана.** Осуществляя план решения, контролируйте каждый свой шаг. Ясно ли, что предпринятый шаг правилен? Сумеете ли вы доказать, что он правильный?

**4. Взгляд назад (изучение полученного решения).** Нельзя ли проверить результат? Нельзя ли проверить ход решения? Нельзя ли получить тот же результат иначе? Нельзя ли усмотреть его с одного взгляда? Нельзя ли в какой-нибудь другой задаче использовать результат или метод решения?

### ***Список контрольных вопросов по Эйлоарту:***

1. Перечислить все качества и определения предлагаемого изобретения, изменить их.

2. Сформулировать задачи ясно. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные и аналогичные задачи. Выделить главные.

3. Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предложения.

4. Набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналоги.

5. Построить математическую, гидравлическую, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналогии).

6. Попробовать различные виды материалов, состояния веществ, эффекты, виды энергии: газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и др.; теплоту, магнитную энергию, электрическую энергию, свет, силу удара и т. д.; различные длины волн, поверхностные свойства и т. п.; переходные состояния – замерзание, конденсация, переход через точку Кюри и т. д.; эффекты Джоуля-Томсона, Фарадея и др.

7. Установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения.

8. Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.

9. Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все рассуждения и каждую идею без критики.

10. Попробовать «собственные» (личные) решения: хитрое, всеобъемлющее, расточительное, сложное.

11. Спать с проблемой, идти на работу, гулять, принимать душ, ехать, пить, есть, играть, играть в теннис.

12. Бродить среди стимулирующей обстановки (выставки, технические музеи, магазин для технического творчества), просматривать журналы.

13. Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т. д., разных решений проблемы или разных ее частей, искать проблемы в решениях или новые комбинации.

14. Определить идеальное решение, разрабатывать возможные.

15. Видоизменить решение проблемы с точки зрения (скорее или медленнее) размеров, вязкости и т. п.

16. В воображении залезть внутрь механизма.

17. Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определенное звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.

18. Чья это проблема? Почему его?

19. Кто придумал это первый? История вопроса. Какие ложные толкования этой проблемы имели место?

20. Кто еще решал эту проблему? Чего он добился?

21. Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

***Список контрольных вопросов по функционально-стоимостному анализу:***

1. Какова основная функция узла (детали)?
2. Что представляет собой «идеальный» узел (деталь)?
3. Что будет, если убрать данный узел (деталь)?
4. Какие и сколько функций выполняет данный узел (деталь), нельзя ли часть из них сократить?
5. Как иначе можно выполнить основную функцию?
6. В какой отрасли техники наилучшим образом выполняется данная функция и нельзя ли позаимствовать решение?
7. Можно ли разделить узел (деталь) на части? Можно ли разделить несколько деталей (узлов)? Можно ли разборные соединения выполнить неразборными и наоборот?
8. Нельзя ли поменять последовательность технологических операций? Ввести или исключить предварительные сборочные и обрабатывающие операции? Исключить отделочные операции?
9. Какой элемент узла (детали) самый «слабый», нельзя ли его отделить от детали (узла), «усилить»?
10. Какие факторы, функции в работе узла (детали) самые «вредные»? Нельзя ли их использовать? Что будет с изделием, если узел станет выполнять противоположные функции? Как реализовать работу «наоборот»?
11. Нельзя ли упростить узел, добиваясь не 100% полезного эффекта, а чуть меньше или больше?
12. Можно ли уменьшить допуск, снизить чистоту обработки, упростить форму, усовершенствовать прочие аналогичные элементы узла (детали)?
13. Можно ли заменить специальные детали стандартными?
14. Какие дополнительные функции может выполнять данный узел (деталь)?
15. Можно ли изменить материал, сортамент?
16. Можно ли уменьшить отходы или использовать их?
17. Нельзя ли взять более дешевый материал и применить покрытия, биметаллы и т. д. либо вставки из высококачественного материала?



18. Что в детали (узле) в первую очередь изнашивается? Где в детали (узле) заложены излишние запасы, нельзя ли их сократить?

***Список контрольных вопросов Мэтчетта:***

1. Варианты решений – определить потребность, определить необходимый элемент, представить себе решение, принять временное решение, принять окончательное решение, отменить решение.

2. Варианты суждений – предположить, взвесить, взвесить и сравнить, экстраполировать, оставить без изменения, предсказать.

3. Варианты стратегий – продолжать в том же направлении, продолжать и расширить, изменить направление, сопоставить с прошлым, сопоставить с будущим, внимательно рассмотреть, разрешить конфликт, продолжать более интенсивно, прекратить.

4. Варианты тактик – оценить риск, проверить последствия, развить, сравнить с другими решениями, разделить действие, приспособить другое решение, сосредоточиться на малом участке, разложить на компоненты, проверить возможную причину, обдумать возможность нового решения, заменить решение на противоположное, проверить другие варианты.

5. Варианты отношений – хранить решение в памяти, выявить зависимость, отсрочить принятие решения, сообщить о решении, соотнести с ранее принятым решением, проверить на избыточность, проверить на несоответствие.

6. Варианты понятий – использовать новое понятие, изменить плоскость абстракции, использовать схему стратегии, изменить точку зрения, сравнить с существующей системой, сравнить с получающейся системой, применить первичное кольцо (см. группу 5 и перечень вопросов, данный ниже), применить вторичное кольцо (см. группу 6 и перечень вопросов, данный ниже).

7. Варианты препятствий – обойти препятствие, разрушить препятствие, устранить препятствие, начать новое действие с нуля, начать новое действие с принятого решения, действовать в одном, двух, трех или многих измерениях.

Итоговый отчет решения «технических задач» улучшения технологии получения сорбента

№	Техническая задача	Решение	Имя участника, предложившего решение	Возможные негативные явления

**Вывод:** основными решениями, которые позволят улучшить технологию получения сорбента, являются:

1. ...
2. ...
3. ...